

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВПО "УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

**Кафедра станков и инструментов**

**И. Т. Глебов**

**Исследование мощности  
ленточнопильного станка**

Методические указания  
для выполнения лабораторных занятий студентами  
очной и заочной форм обучения  
направления 250400 "Технология лесозаготовительных и  
деревоперерабатывающих производств"  
специальности "Технология деревообработки"  
по дисциплине "Оборудование отрасли"

Екатеринбург  
2013

## 1. Общие сведения

Пиление осуществляется на ленточнопильных станках замкнутой пильной лентой, надетой на шкивы. Ленточнопильные станки бывают вертикальные столярные с диаметром шкивов 400...800 мм, делительные с диаметром шкивов 1000...1400 мм, бревнопильные с диаметром шкивов 1100 ... 3000 мм и горизонтальные.

При пилении древесины ленточными пилами скорость главного движения ленточнопильного станка достигает 40 м/с, высота пропила может быть сколь угодно большой, а ширина пропила – самая узкая (2...3 мм). Для ленточнопильных станков практически нет проблемы вибрации, не требуется массивный фундамент, а энергопотребление минимально.

В отечественном и мировом лесопилении в последние годы просматривается совершенно четкая тенденция – все больший переход лесопильных производств на пиление ленточными пилами.

## 2. Геометрия срезаемого слоя

Пиление ленточной пилой основано на принципиальной кинематической схеме, предусматривающей одновременное действие в процессе резания движений главного  $D_z$  и подачи  $D_s$  (рис. 58, а, б). Благодаря замкнутости пильной ленты резание происходит непрерывно без холостых ходов.

Пильная лента 3 надета на шкивы 1 и 2. Заготовка 4 скользит по столу станка (рис. 1, а). Векторы скоростей главного движения  $\bar{V}$  и движения подачи  $\bar{V}_s$  по модулю и направлению постоянны. Поэтому траектории зубьев в древесине прямолинейны и параллельны вектору результирующего движения резания  $V_e$ . Угол скорости резания  $\eta$  равен примерно 1...2°, так как  $\text{tg } \eta = V_s/V \approx 0,01...0,03$ . Угол подачи  $\mu = 90^\circ$  (рис. 1, б).

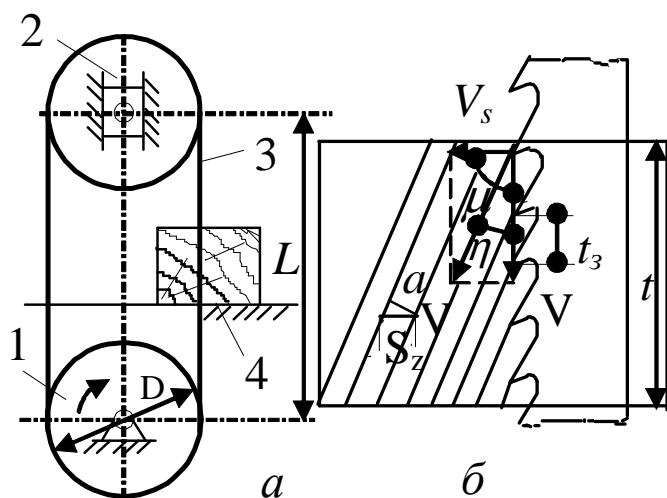


Рис. 1. Пиление ленточной пилой:  
а – схема ленточнопильного станка;  
б – геометрия срезаемого слоя

Наикратчайшее расстояние между траекториями резания равно толщине срезаемого слоя  $a$ . Из прямоугольного треугольника, образованного отрезками траектории,  $a$  и  $S_z$  следует

$$a = S_z \sin(\mu - \eta).$$

Угол  $\mu - \eta = 90^\circ - 2^\circ = 88^\circ$ . В связи с этим и с учетом способа уширения зубьев (развод, плющение) толщину срезаемого слоя  $a$  принимают равной:

$$a = S_z b / b_n,$$

где  $S_z$  – подача на один зуб, мм (табл. 20);

$b$  – ширина пропила, мм;  $b = S + 2S'$ ;

$b_n$  – длина режущей кромки лезвия, мм;

$S$  – толщина полотна пилы, мм;

$S'$  – величина уширения зубьев на сторону, мм (табл. 21)

Для разведенных зубьев длина режущей кромки равна толщине полотна пилы, а для плющенных – ширине пропила.

### 3. Ленточные пилы

**Пилы ленточные столярные** (ГОСТ 6532-77, тип 1) предназначены для прямолинейной и криволинейной продольной и поперечной распиловки пиломатериалов на ленточных столярных станках (рис. 2, а, б,). Пилы поставляются заказчику в рулонах. Длина пильной ленты в рулоне 4000 или 6000 мм. Ширина пильной ленты  $B = 10...60$  мм, толщина –  $S = 0,6; 0,7; 0,8; 0,9$  мм, шаг зубьев –  $t = 6...12$  мм, высота зубьев –  $h = 2,0...6,5$  мм и радиус закругления впадины  $r = 1,5; 2,5$  мм. Угол заострения зубьев  $\beta = 50^\circ$  и передний угол  $\gamma = 5^\circ$ .

**Пилы ленточные делительные** (ГОСТ 6532-77, тип 2) предназначены для прямолинейной продольной распиловки пиломатериалов по толщине на ленточных делительных станках.

Пилы (рис. 2, в) выпускаются с профилем зубьев I ( $t_3 = 50$  мм) и II ( $t_3 = 30$  мм). Длина пильной ленты в рулоне 7000, 8500 и 9000 мм. Ширина пильной ленты  $B = 85...175$  мм, толщина –  $S = 1,0; 1,2; \text{ и } 1,4$  мм, высота зубьев –  $h = 10...13$  мм и радиус закругления впадины  $r = 3$  и 4 мм. Угол заострения зубьев  $\beta = 45$  и  $50^\circ$  и передний угол  $\gamma = 20$  и  $30^\circ$ .

**Пилы ленточные для распиловки бревен и брусьев** (ГОСТ 10670-77) применяются на ленточнопильных станках. Конструкция и основные размеры приведены на рис. 2, г. Длина пильной ленты в рулоне 10800 или 11700 мм. Ширина пильной ленты равна 230 мм, толщина – 1,4; 1,6 мм, шаг зубьев – 50 и 60 мм, высота зубьев – 16,7; 20,0 мм, радиусы закругления впадины  $r = 20,8; 25,0$  мм,  $r_1 = 5,8; 7,0$  мм.

Материал пил – холоднокатаная лента из хромованадиевой стали марки 9ХФ по ГОСТ 5950-73. Столярные пилы могут быть сделаны из стали марки У10А по ГОСТ 1435-74.

Твердость пил: столярных и делительных -  $HRC_3$  40...44; для распиловки бревен и брусьев -  $HRC_3$  42...47.

Пример заказа: пила ленточная 3405-0003 ГОСТ 10670-77.

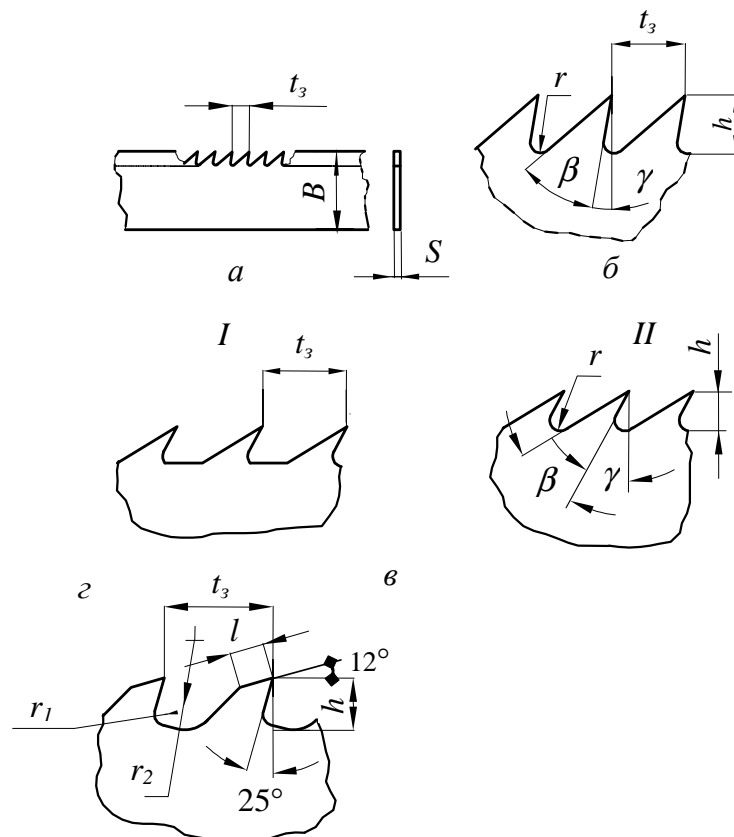


Рис. 2. Пилы ленточные:  
а – общая схема;  
б – столярные;  
в – делительные;  
г – для распиловки бревен и брусьев

**Выбор размеров пил.** Длина пильной ленты для станка, мм:

$$L_n = \pi D + 2L,$$

где  $D$  - диаметр пильных шкивов станка, мм;

$L$  - расстояние между шкивами станка, мм.

Для получения криволинейного пропила ширину столярных пил выбирают по выражению, мм:

$$B = 2,8\sqrt{RS'},$$

где  $R$  - наименьший радиус кривизны пропила, мм;

$S'$  - уширение зубьев пилы на сторону, мм.

#### 4. Скорости рабочих движений

Скорость главного движения при пилении равна окружной скорости приводного шкива:

$$V = \frac{\pi D n}{60 \cdot 1000},$$

где  $V$  – скорость главного движения, м/с;

$D$  – диаметр приводного шкива, мм;

$n$  – частота вращения приводного шкива,  $\text{мин}^{-1}$ .

Скорость подачи  $V_s$ , м/мин, находят по формуле

$$V_s = \frac{S_z Z n}{1000},$$

где  $S_z$  – подача на один зуб, мм;

$Z$  – количество зубьев, которые можно разместить по окружности шкива; при шаге зубьев пилы  $t_z$  количество зубьев  $Z = \pi D / t_z$ .

Скорость подачи, м/мин, связана со скоростью главного движения выражением

$$V_s = 60V \frac{S_z}{t_z}.$$

В современных ленточнопильных станках скорость главного движения  $V = 30...50$  м/с, скорость подачи  $V_s = 1...120$  м/мин. Значение подачи на зуб принимают для столярных ленточных пил  $S_z = 0,05... 0,1$  мм; для делительных пил  $S_z = 0,2...0,7$  мм; для распиловки бревен  $S_z = 0,8...1,5$  мм.

## 5. Силы и мощность резания при продольном пилении

При продольном пилении фиктивная сила резания для сосны принимается, Н/мм

$$p_{//\perp} = 3,924 + 3,23 \sin^{1,25} \varphi_6.$$

При  $\varphi_6 = 90^\circ$   $p = 7,154$  Н/мм.

Касательное давление стружки на переднюю поверхность зуба  $k$ , МПа, для сосны находят следующим образом:

$$k = 0,55\delta + 0,196V' - 19,62,$$

где при  $V < 50$  м/с  $V' = 90 - V$ , иначе  $V' = V$ .

Коэффициент затупления

$$\alpha_\rho = 1 + (1 + 0,1 \frac{k}{p}) \frac{\Delta_\rho}{\rho_o + 50},$$

где  $\Delta_\rho$  – величина затупления режущих кромок лезвий, мкм, за период работы пилы до отказа:

$$\Delta_\rho = \gamma_\Delta \frac{tnTk_n k_u}{1000 (1 + 2L / \pi D)},$$

где  $\gamma_\Delta$  – величина затупления режущей кромки зуба на 1 м пути в древесине, для зубьев пилы из инструментальной стали 9ХФ  $\gamma_\Delta = 0,001$  мкм/м (при пилении твердых лиственных пород и мерзлой древесины  $\gamma_\Delta = (0,00130...0,00135)$  мкм/м); в случае применения пил, оснащенных стеллитом ВЗКР,  $\gamma_\Delta = 0,000167$  мкм/м;

$t$  – высота пропила, мм;

$n$  – частота вращения пильного шкива, мин<sup>-1</sup>;

$T$  – календарное время работы пилы до отказа, мин;

$k_u$  – коэффициент использования станка во времени,  $k_u = 0,9...0,95$ ;

$k_n$  – коэффициент производительности станка (использования станочного времени),  $k_n = 0,8...0,9$ ;

$L$  – расстояние между шкивами станка, мм;

$D$  – диаметр пильного шкива, мм.

Касательная сила резания одним зубом при  $S_z > 0,1$  мм, Н:

$$F_{x \text{ зуб}} = F_{y\partial} a b_{\text{л}} = F_{y\partial} b_{\text{л}} S_z b / b_{\text{л}} = F_{y\partial} S_z b;$$

$$F_{x \text{ зуб}} = a_n a_w \left[ \frac{\alpha_{\rho} p b_{\text{л}}}{S_z b} + (k + \alpha t / b) \right] S_z b;$$

$$F_{x \text{ зуб}} = a_n a_w [\alpha_{\rho} p b_{\text{л}} + (k + \alpha t / b) S_z b],$$

где  $a_n, a_w$  – коэффициенты на породу древесины и влажность соответственно;

$b, b_{\text{л}}$  – ширина пропила и длина режущей кромки зуба пилы соответственно, мм;

$\alpha$  – касательное давление на зуб пилы от трения стружки в пропиле; для плющенных зубьев  $\alpha = 0,20$  МПа, для разведенных –  $\alpha = 0,25$  МПа.

При решении обратной задачи силу резания одним зубом можно найти так, Н:

$$F_{x \text{ зуб}} = 1000 P \eta t_3 / (V t),$$

где  $P$  – мощность электродвигателя механизма главного движения, кВт;

$\eta$  – КПД привода механизма главного движения;

$t_3$  – шаг зубьев пилы, мм.

Окружная касательная сила резания, Н

$$F_x = F_{x \text{ зуб}} \frac{t}{t_3}.$$

Мощность резания на пиле, кВт

$$P = \frac{F_x V}{1000}.$$

**Нормальная сила резания.** При толщине срезаемого слоя  $a \geq 0,1$  мм нормальная единичная сила резания, Н/мм

$$F_{z1} = F_{x13} / f - (k + \alpha t / b) (a - 0,1) \text{tg}(90^\circ - \delta - \varphi),$$

где  $F_{x13}$  – единичная касательная сила резания, действующая по задней поверхности зуба, Н/мм;

$f$  – коэффициент трения скольжения по задней поверхности зуба,

по А.Л. Бершадскому  $f = \frac{2}{\alpha_{\rho}^2}$ ;

$\delta$  – угол резания, град.;

$\varphi$  – угол трения;  $\varphi \approx 20^\circ$ .

Единичная касательная сила резания, действующая по задней поверхности зуба, находится по формуле, Н/мм [12]

$$F_{x13} = [\alpha_{\rho} \rho + 0,1(k + \frac{\alpha t}{b})](\frac{\rho_o + \Delta_{\rho}}{\rho_o + \Delta_{\rho} + 50}),$$

где  $\rho_o$  – начальный радиус закругления режущей кромки зуба,  $\rho_o = 10$  мкм;

$\Delta_{\rho}$  – величина затупления зуба в период работы пилы до отказа, мкм.

Средняя нормальная сила резания при срезании макрослоев на высоте пропила, Н

$$F_z = a_n a_w F_{z1} b \frac{t}{t_3}.$$

где  $b$ ,  $b_n$  – ширина пропила и длина лезвия зуба соответственно, мм;

$t$ ,  $t_3$  – высота пропила и шаг зубьев соответственно, мм;

$a_n$ ,  $a_w$  – поправочные коэффициенты на породу и влажность древесины соответственно.

При  $S_z < 0,1$  мм

$$F_z = [0,5\alpha_{\rho}^2(\alpha_{\rho}\rho + 0,1k) \frac{\rho}{\rho + 50}] b \frac{t}{t_3}.$$

Величиной радиальной силы резания можно приближенно задаться:

$$F_z = \pm m F_x = \pm (0,2...0,6) F_x.$$

Для острых зубьев (меньшее значение  $m$ ) и при больших подачах на зуб радиальная сила получается затягивающей (знак–), при небольших подачах на зуб и затупленных режущих кромках радиальная сила становится отжимающей (знак +).

## 6. Порядок выполнения работы

1. Провести измерение параметров ленточной пилы.
2. Подобрать заготовки разной толщины, измерить их толщину, мм.
3. Распилить заготовки:
  - в продольном направлении и измерить активную мощность электродвигателя ваттметром клещевого типа, кВт;
  - в поперечном направлении и измерить активную мощность электродвигателя ваттметром клещевого типа, кВт;
4. Построить графики зависимости мощности от высоты пропила.
5. Определить среднюю касательную силу резания и построить графики зависимости силы резания от высоты пропила.